

CONCEPTOS BÁSICOS DE COMPOSICION ATMOSFÉRICA OZONO TOTAL Y RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Alberto Redondas, Virgilio Carreño, Bentorey Hernández, Alberto Berjón,
Javier López-Solano, Sergio F. León-Luis, M. Rodríguez Valido

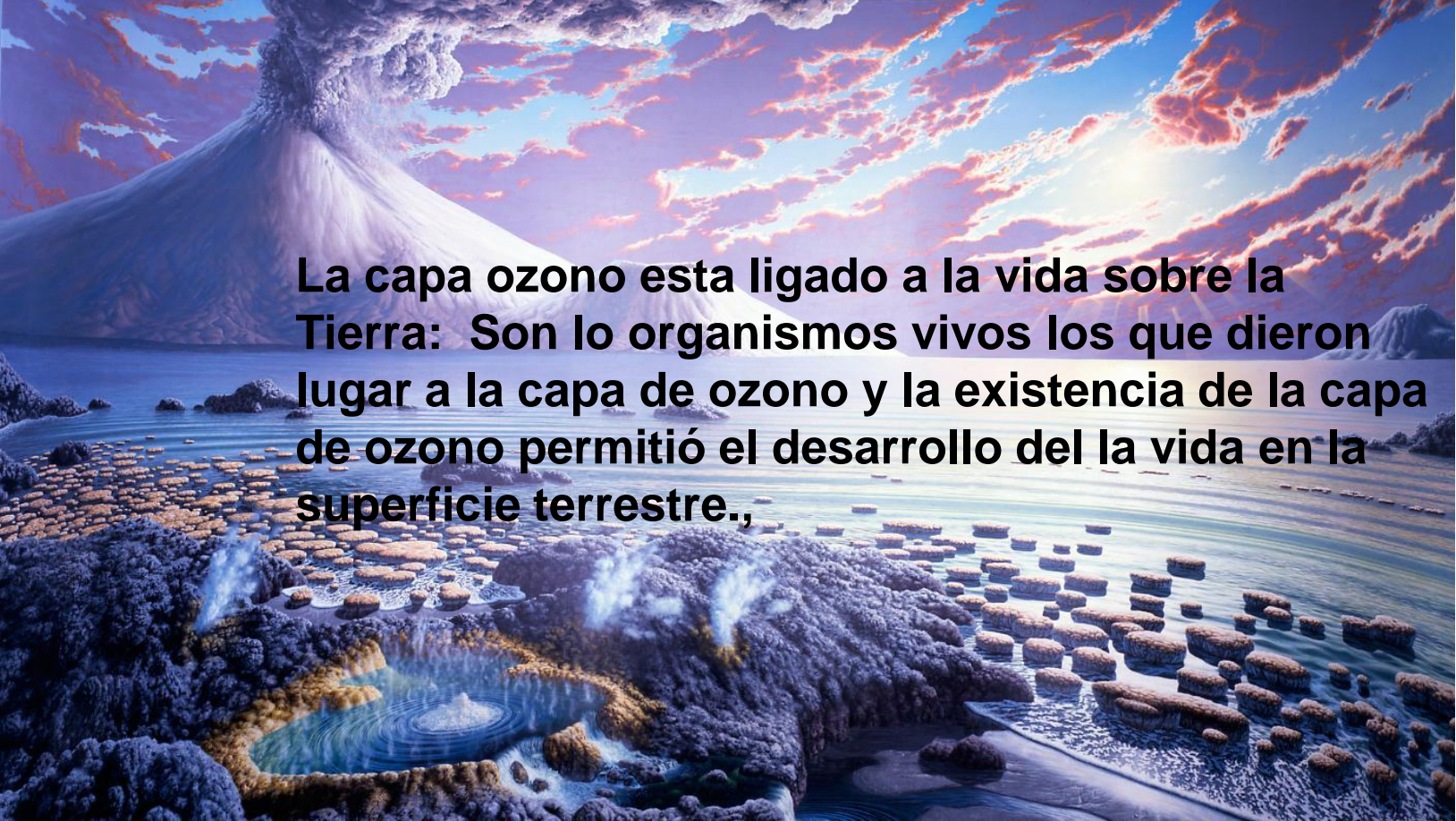




GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

AEmet
Agencia Estatal de Meteorología



La capa ozono esta ligado a la vida sobre la Tierra: Son lo organismos vivos los que dieron lugar a la capa de ozono y la existencia de la capa de ozono permitió el desarrollo del la vida en la superficie terrestre.,

Evolución del ozono

Hace un millón de años las primitivas algas usan la energía solar para dividir las moléculas de H_2O y CO_2 y recombina en compuestos orgánicos y oxígeno (fotosíntesis)

La acumulación de oxígeno propicia la formación de la **capa de ozono**, al recombinarse el oxígeno molecular con un átomo de oxígeno.

600 millones de años atrás cuando la concentración de oxígeno era el 10% de la actual se forma la capa de ozono que protege la radiación UV.

Esto permite el desarrollo de la vida sobre la superficie terrestre, antes estaba confinada al océano

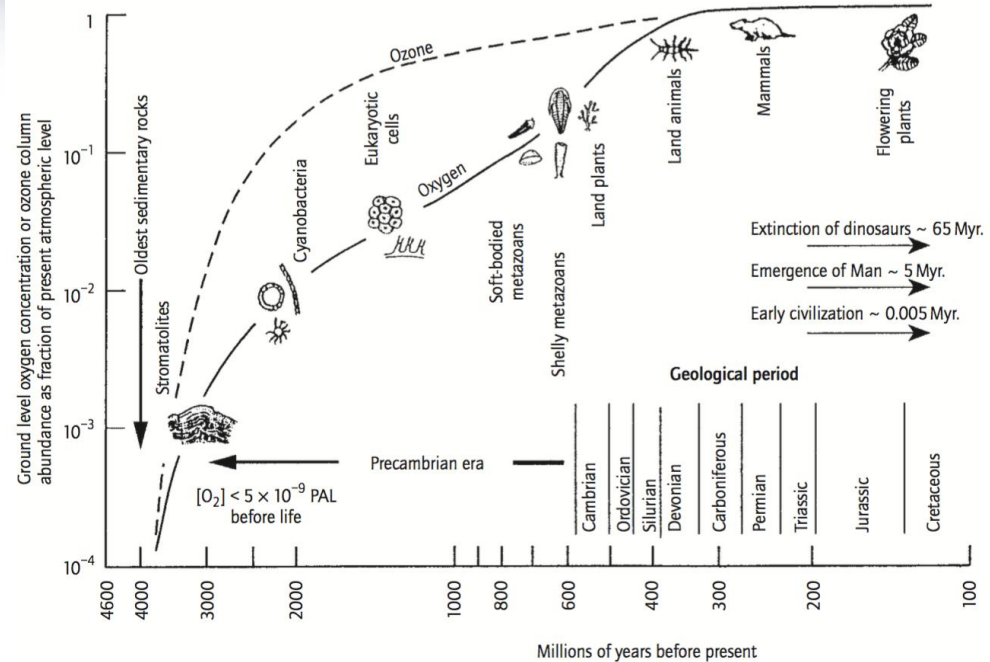


Fig. 1.8 Evolution of ozone (dashed line) on Earth in responses to the changes in oxygen levels. The oxygen concentration (continuous line) follows similar trends to those shown in Fig. 1.6, with a rather less abrupt increase at ~2 Gyr BP. Various geological and biological indicators of O_2 concentration shown on the diagram are discussed in the text. (Copyright Richard P. Wayne, 1985, 1991, 2000. Reprinted from *Chemistry of Atmospheres: An Introduction to the Chemistry of the Atmospheres of Earth, the Planets and Their Satellites*, by Richard P. Wayne (3rd edition, 2000) by permission of Oxford University Press.)

El ciclo de Chapman

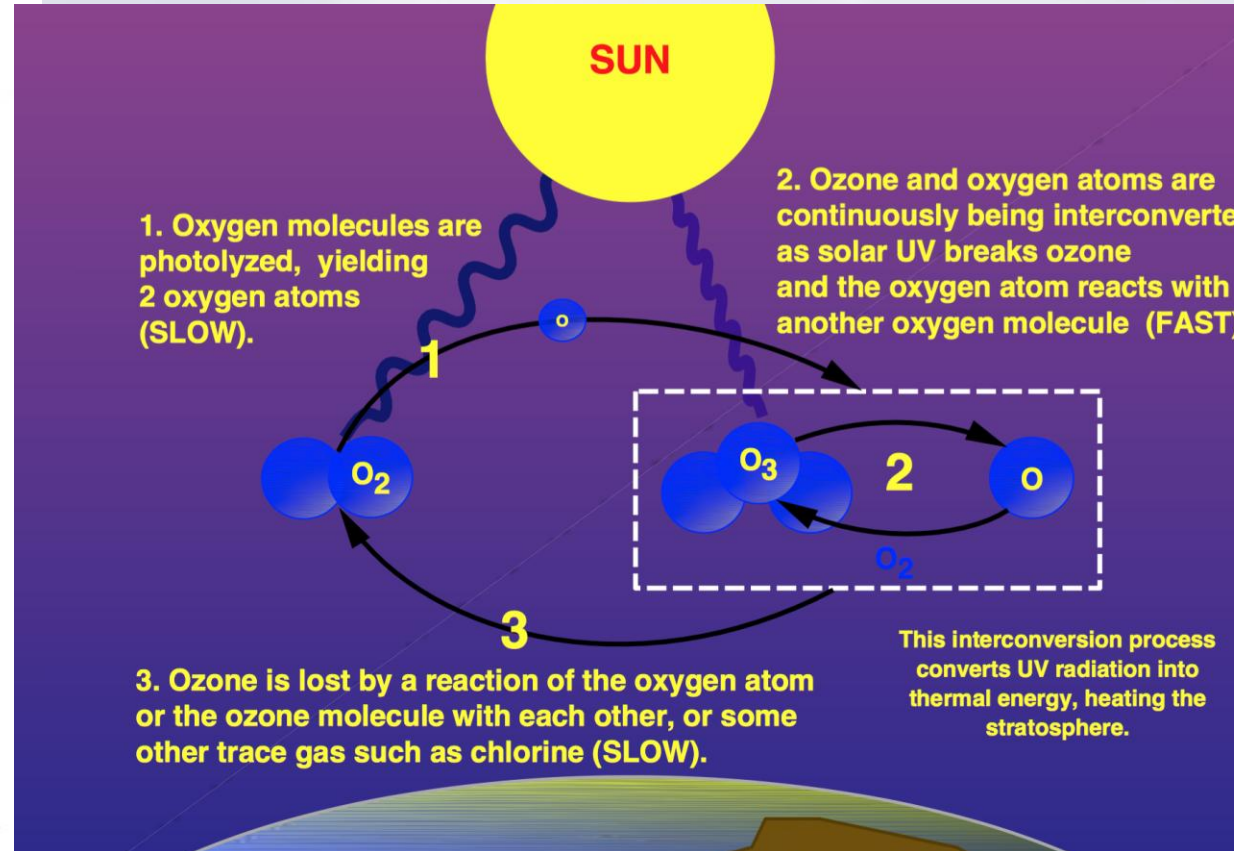
El ozono se forma por la fotólisis de la molécula de oxígeno



2 Reconversión ($\lambda < 315 \text{ nm}$)



3 Destrucción



El perfil vertical de ozono

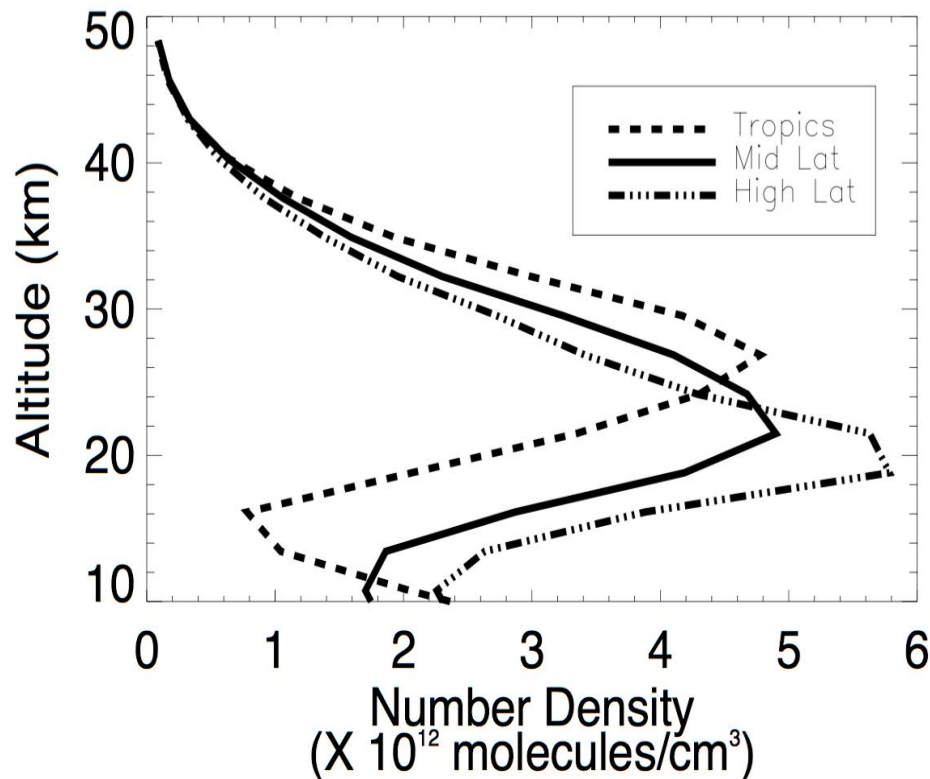
El ozono en la vertical depende de tres procesos. Creación , Destrucción y Transporte.

La creación se produce en la estratosfera donde hay la radiación UV necesaria.

El ozono crea un escudo de la radiación ultravioleta.

En niveles bajos no hay radiación UV que impide la creación de ozono en la troposfera.

En niveles altos la concentración de oxígeno desciende exponencialmente por lo que no se forma ozono aunque haya radiación disponible.



Circulación Brewer-Dobson

Brewer: Descubrió la circulación cuando investigaba durante la II Guerra mundial las estelas de condensación. La explicación de la sequedad de la estratosfera (donde no se forma estelas de condensación) se debe a

Una circulación, donde el aire se eleva y se seca en el ecuador y circula lentamente del ecuador a los polos donde desciende. Unos años antes Dobson, sugiera la misma explicación como a única forma de explicar la altas concentraciones de ozono en los polos y las bajas en el ecuador es que existiera esta circulación.

La circulación es lenta, el aire en el ecuador tarda 3 meses en alcanzar la estratosfera.

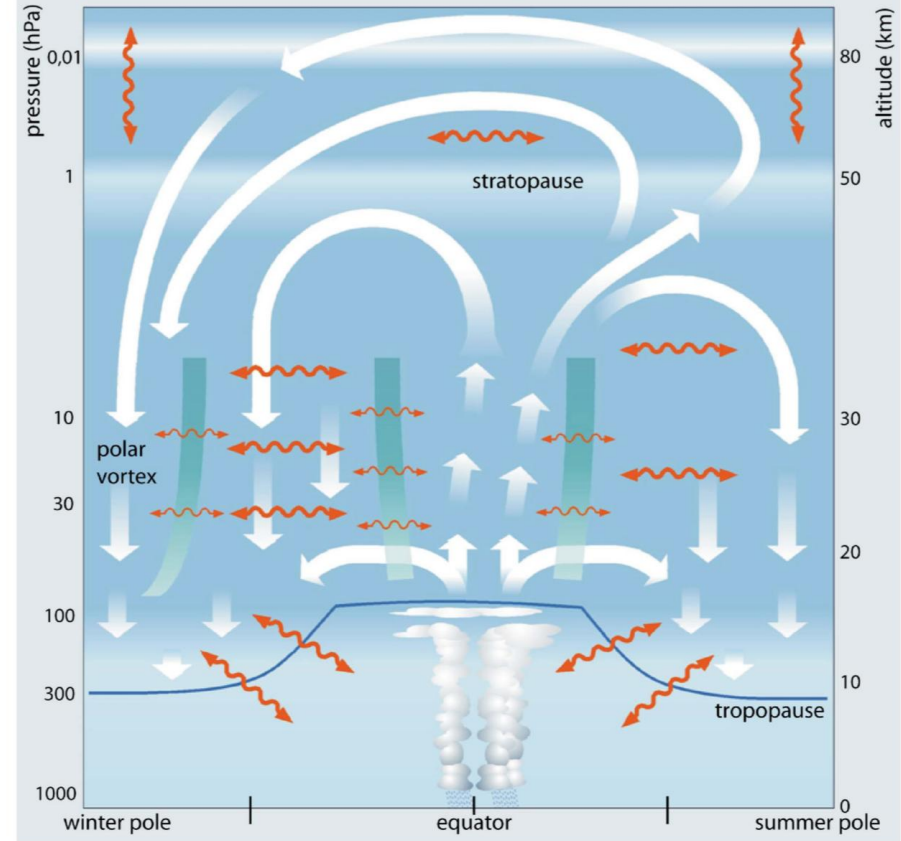
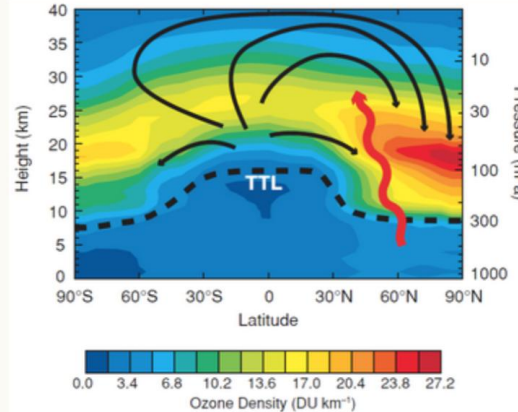
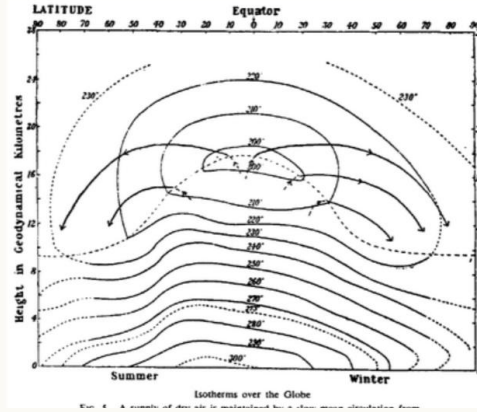
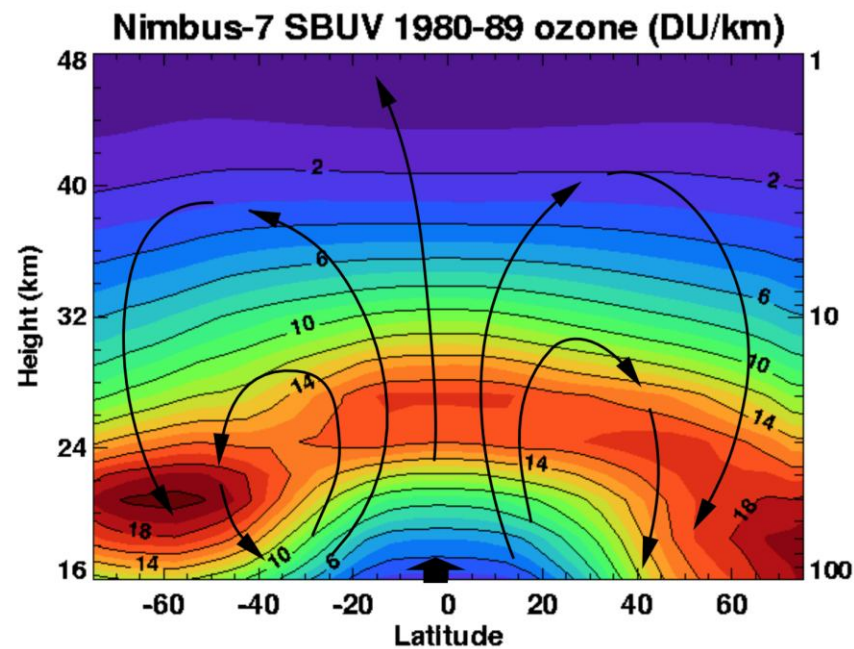
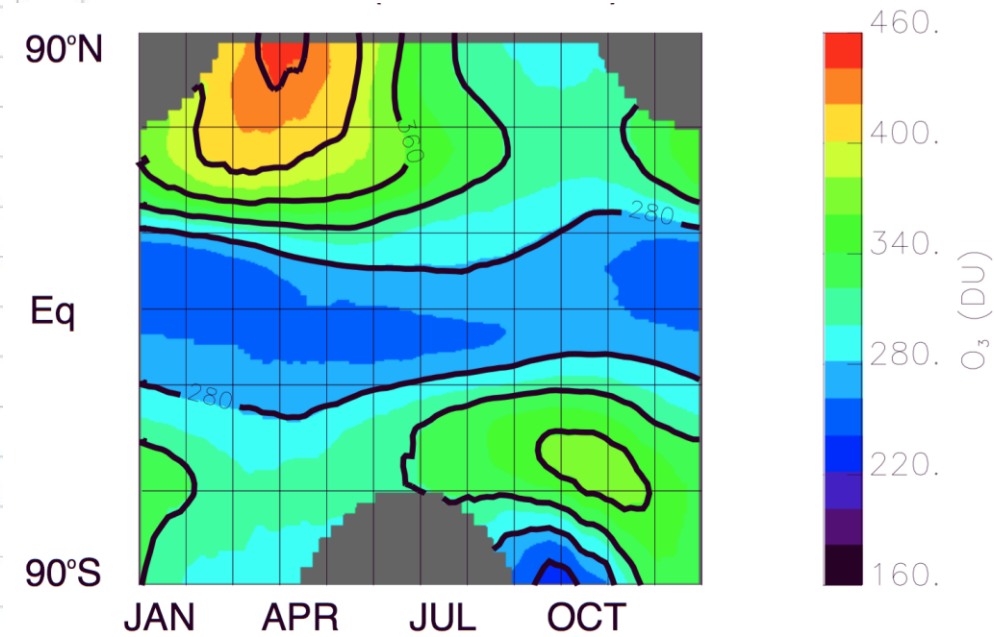
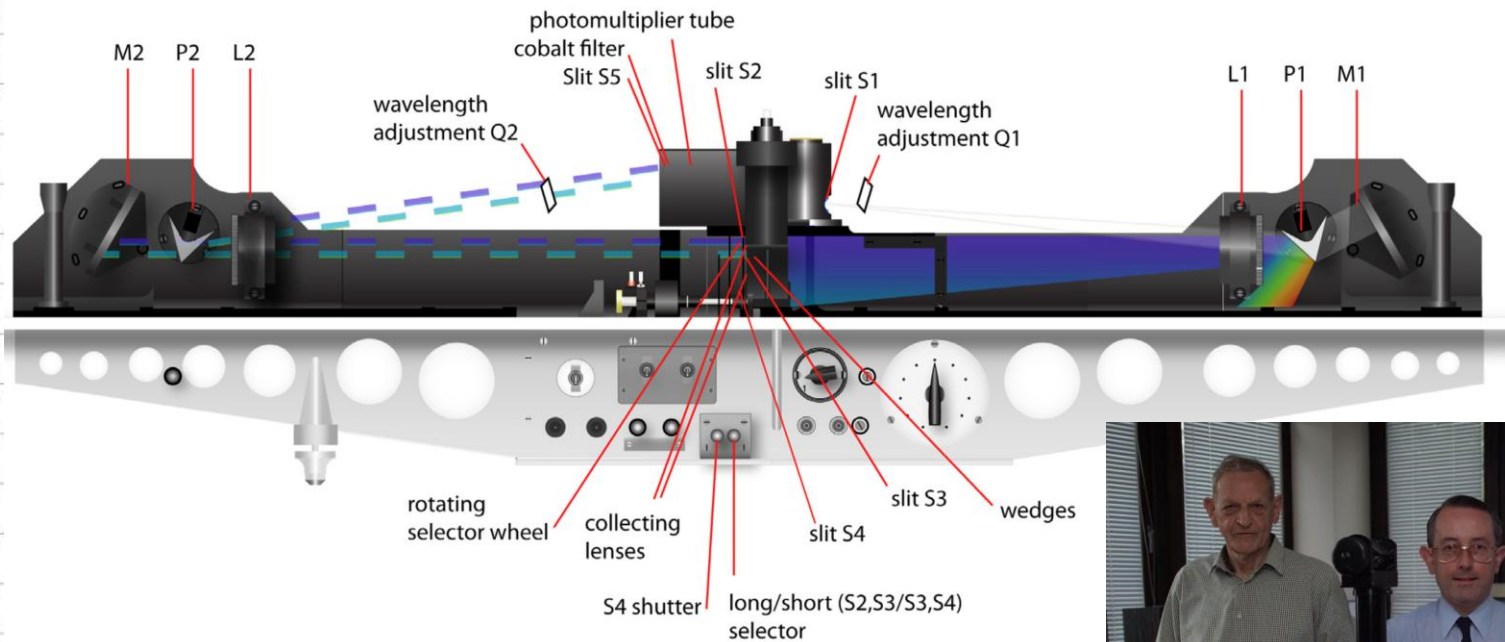


Fig. 1. Schematic of the BDC as the combined effect of residual cir-



Circulación Brewer-Dobson



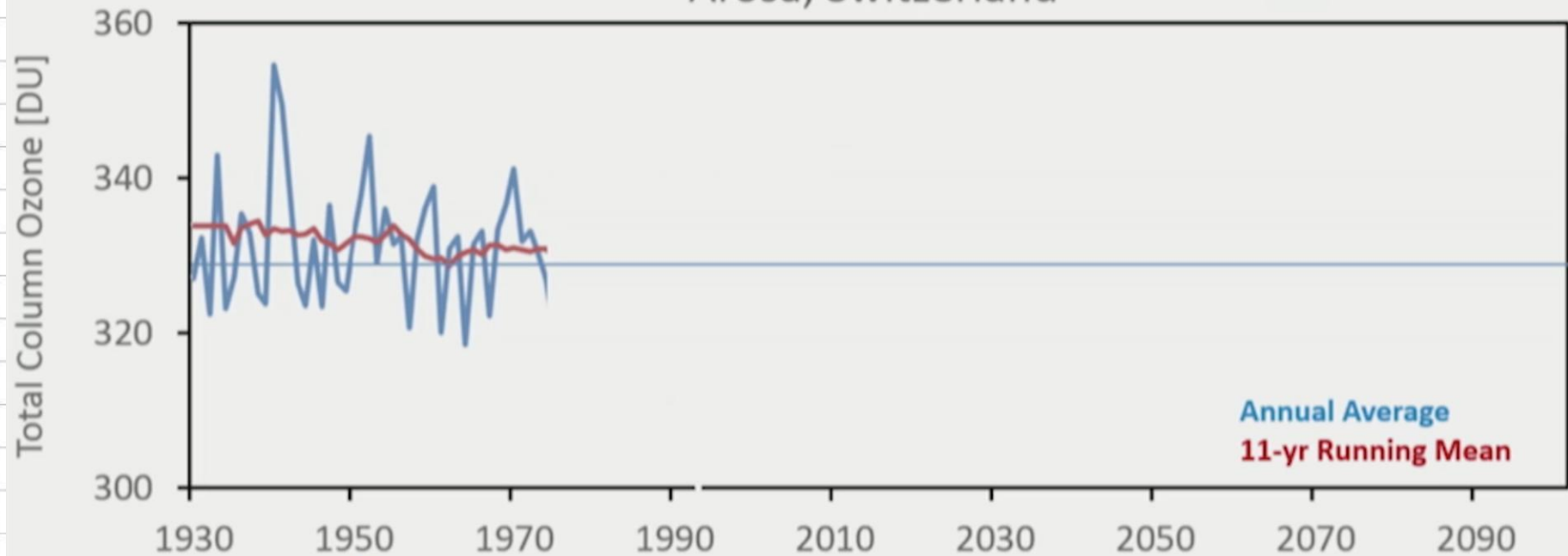




GOBIERNO

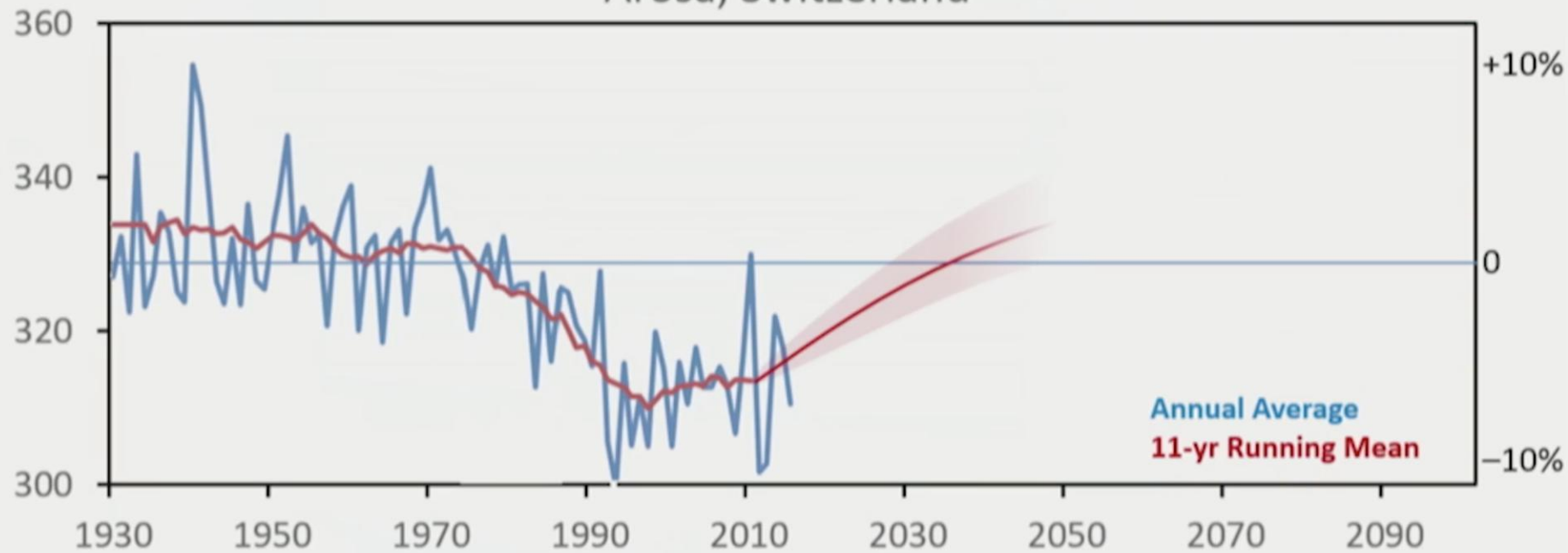
MINISTERIO

Arosa, Switzerland



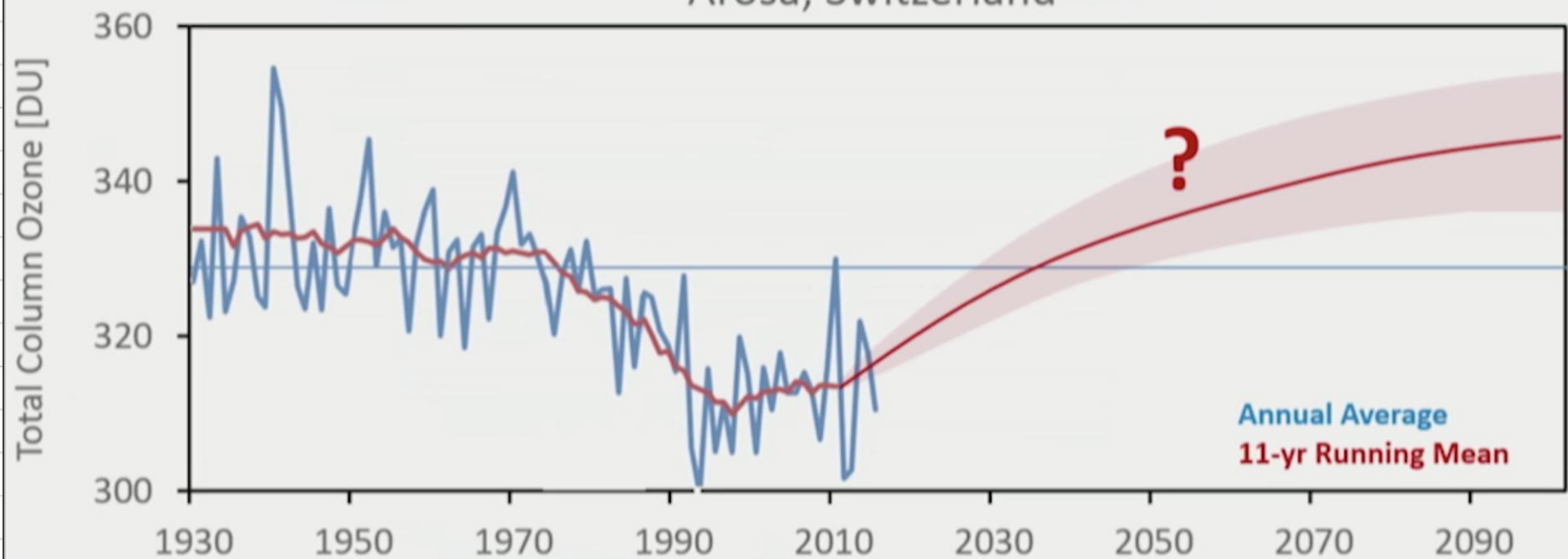
Total Column Ozone [DU]

Arosa, Switzerland





Arosa, Switzerland

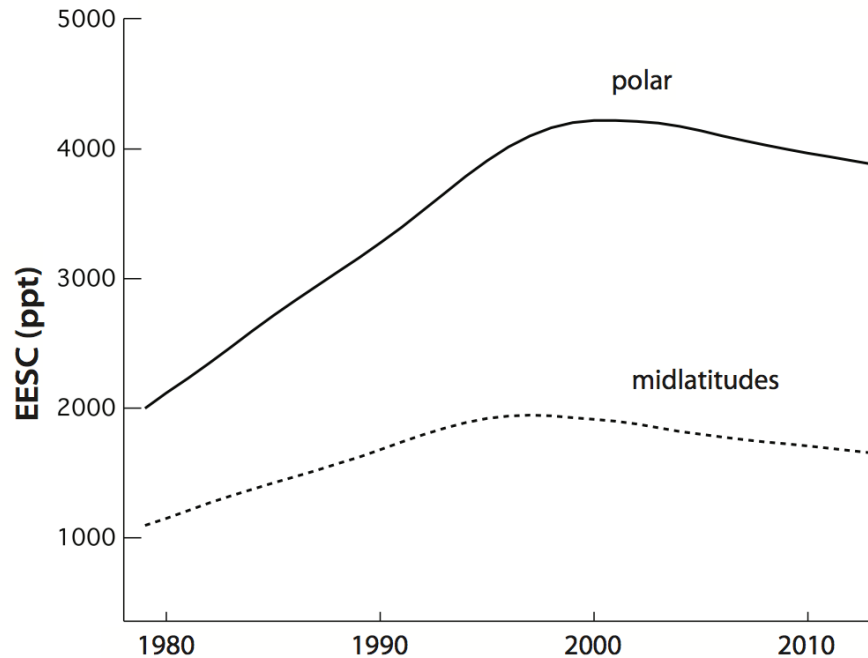




El Protocolo de Montreal funciona

El *Tratado de Montreal* ha reducido la presencia de *Sustancias Destructoras de la capa de Ozono (SDO)*, su producción y consumo.

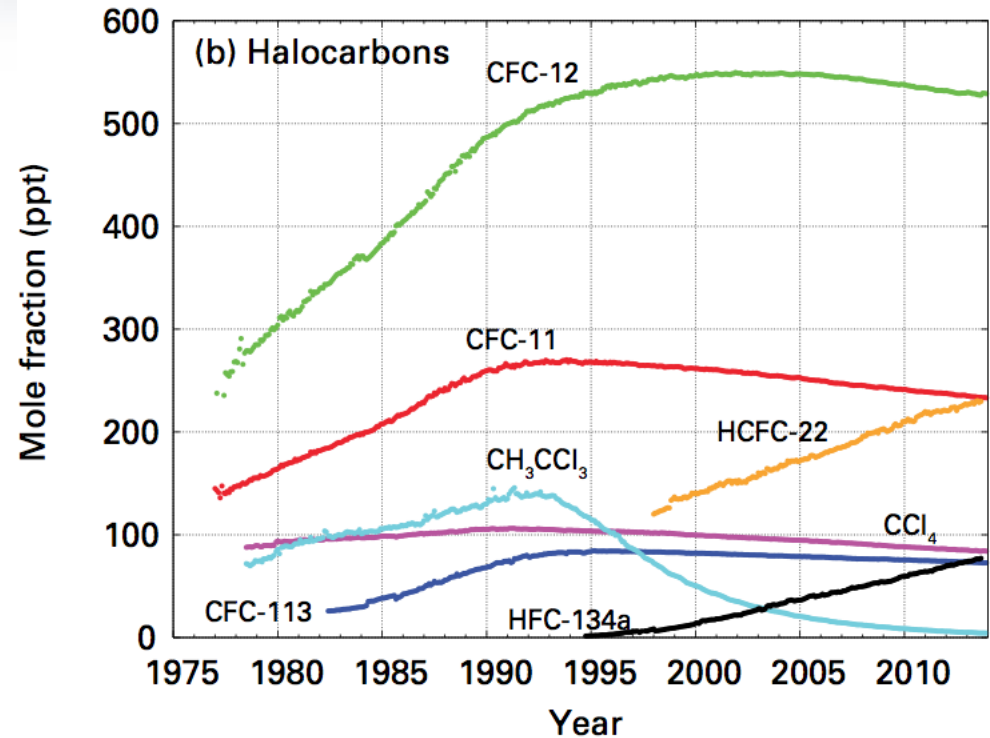
Sin embargo, las concentraciones de *SDO* siguen siendo muy altas: sólo han disminuido globalmente un 15% de su valor máximo y tan sólo un 10% en los Polos.



Tratado de Montreal

Esta disminución de las SDO ha sido beneficiosa para el calentamiento global. Muchas de las sustancias destructoras de la capa de ozono *son también gases de efecto invernadero*.

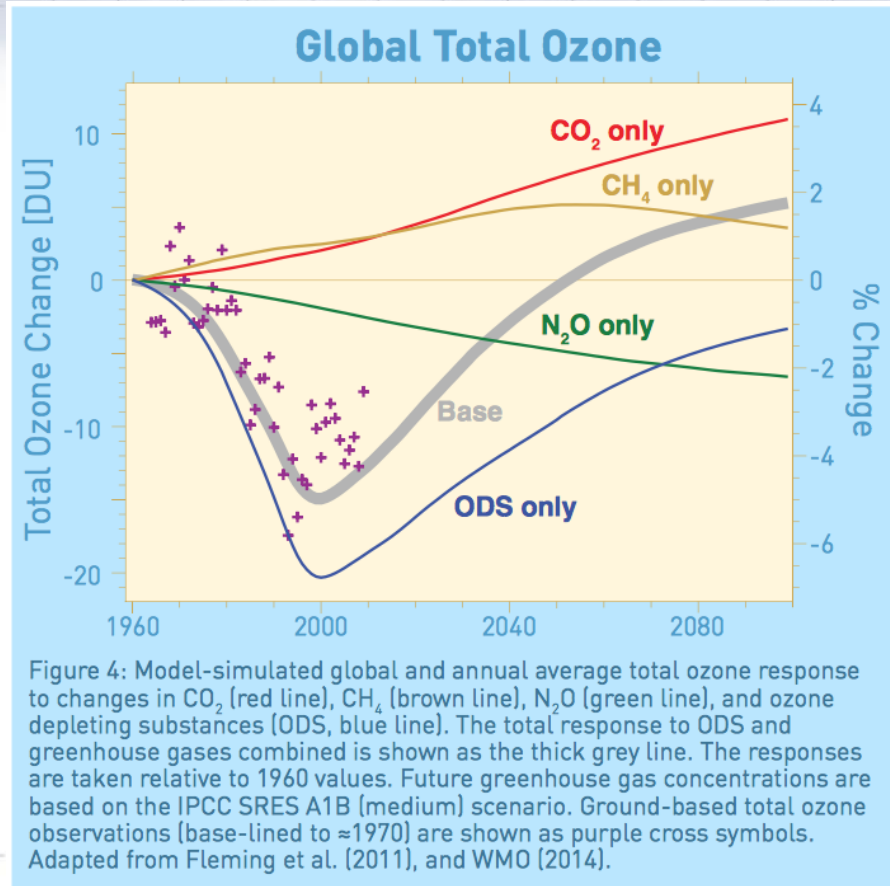
Sin embargo, este efecto positivo de su reducción se puede ver en peligro debido al crecimiento de las emisiones de sus sustitutos como el HFCs.



Capa de ozono y Cambio Climático

El futuro de la capa de ozono está ligada a la evolución de los gases de efecto invernadero que provocan el *cambio climático*

Figura 1: Simulaciones de los modelos de los cambios de la capa de ozono debido a los gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄ y NO₂) y a las sustancias destructoras de la capa de ozono (ODS). La evolución estimada contemplando todas estas influencias se muestran en la línea gris y las observaciones de la capa de ozono se muestran en cruces violetas. Los modelos prevén una recuperación de la capa de ozono para mediados de este siglo. (WMO Ozone Assessment 2014)



El agujero de ozono *está cambiando el CLIMA*

El agujero de ozono *antártico* está causando cambios significativos en el clima del hemisferio sur provocando un desplazamiento de la corriente en chorro hacia el sur: -**desplaza el patrón de lluvias y temperaturas hacia el Polo** - **aumenta las lluvias en la región subtropical en verano.**

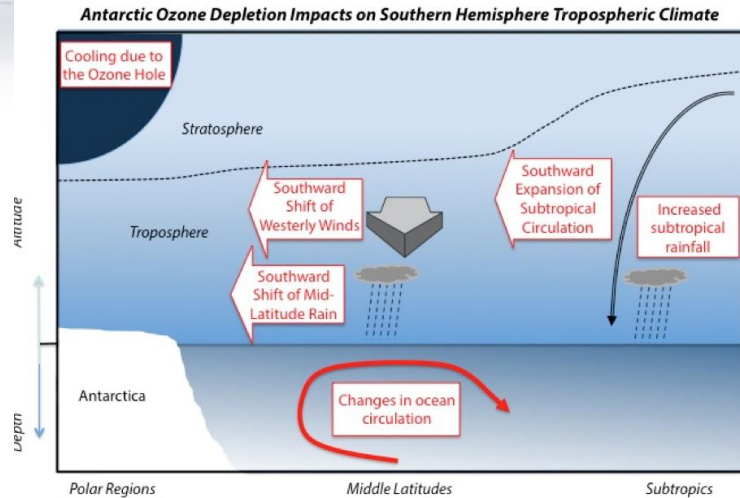


Figure ADM 5-1. Schematic illustration of Southern Hemisphere climate impacts in austral summer associated with Antarctic ozone depletion. Ozone depletion has cooled the Antarctic stratosphere, very likely shifting the region of strong westerly winds and associated rainfall southward in summer. These changes in midlatitude winds have likely led to changes in the ocean circulation. Ozone depletion has also likely contributed to a southward expansion of the tropical circulation in summer, and may have increased subtropical rainfall.

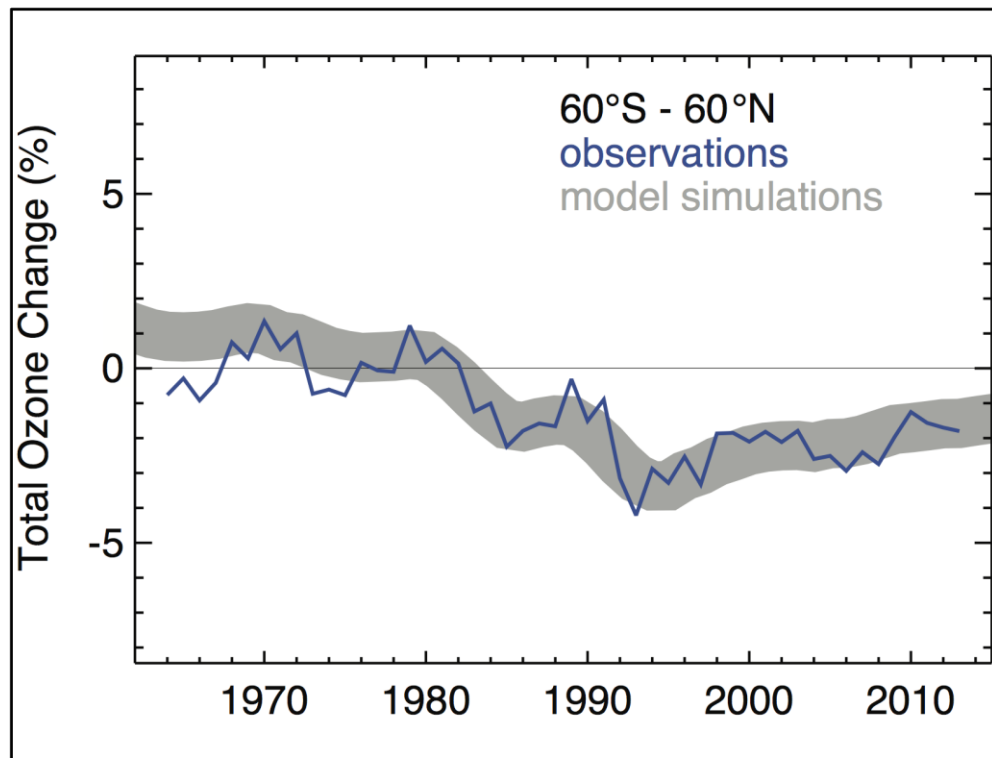
Highlight 5-2

There is further evidence that in austral summer, Antarctic stratospheric ozone recovery and increases in greenhouse gases will have opposite effects on the Southern Hemisphere tropospheric circulation, with associated impacts on surface temperature, precipitation, and the oceans. [Chapter 4: Section 4.5.1]



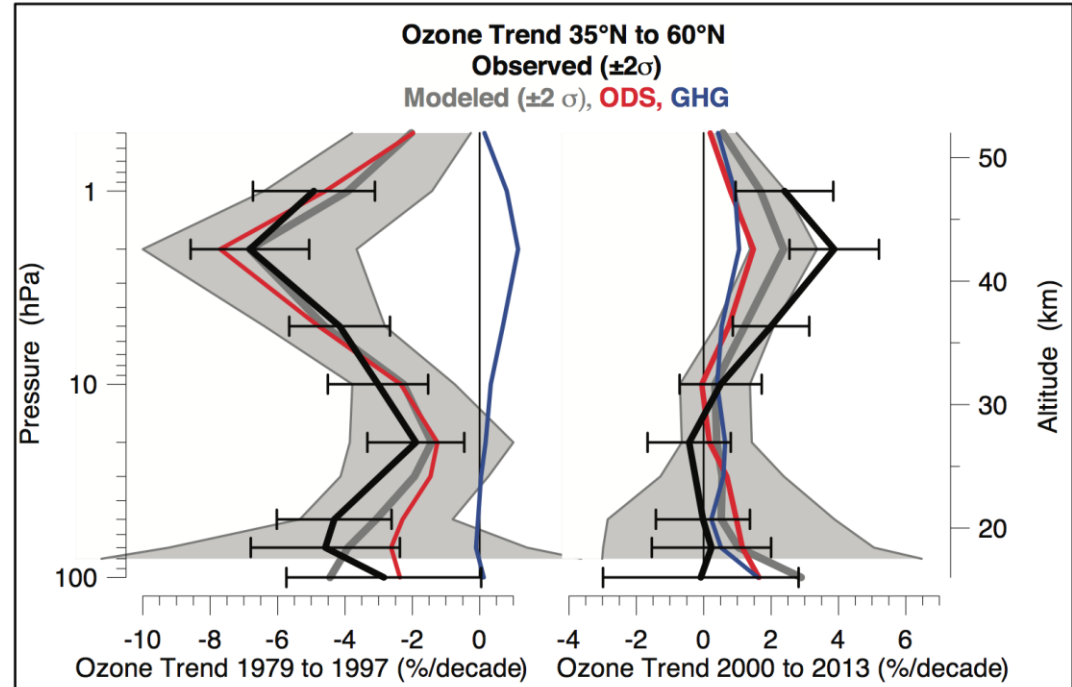
La capa de ozono se está recuperando

El ozono en latitudes medias disminuyó un 2.5% en las décadas de los 80 y 90 mientras permaneció estable en 2000, mostrando un ligero aumento en los últimos años. Sin embargo, este incremento en el ozono no puede ser atribuido a una disminución en la concentración de SDO.



La recuperación es clara en la alta estratosfera.

La recuperación de la capa de ozono se debe, a partes iguales, a la **disminución de las SDO** y al enfriamiento de la alta estratosfera provocado por el **cambio climático**.



El Agujero de ozono *antártico* continuará cada primavera

El ozono se recuperará alcanzando los niveles anteriores a 1980 *si se siguen respetando los acuerdos del Protocolo de Montreal*. Esto ocurrirá a mediados de este siglo mientras que ***el Agujero de Ozono Antártico se recuperará 25 años más tarde***.

Las concentraciones de SDO siguen siendo muy altas en la Antártida, sólo han disminuido un 10% desde hace 15 años .

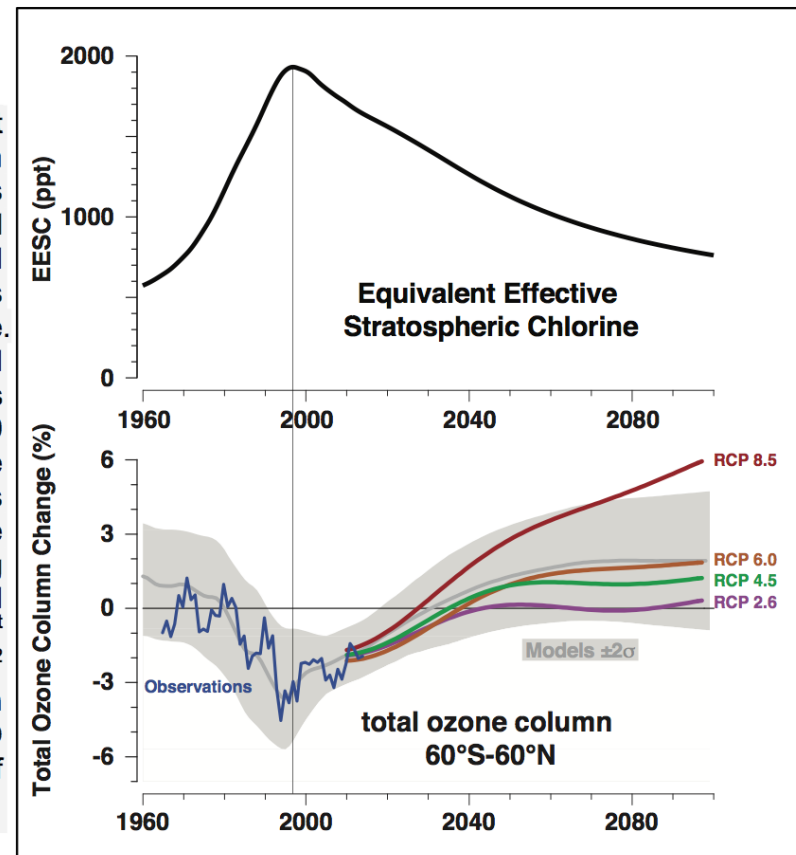
La extensión y profundidad del agujero en cada año (variabilidad) va a depender fundamentalmente de las condiciones meteorológicas.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

AEMet
Agencia Estatal de Meteorología



Sobre recuperación de la capa de ozono

Debido a la aceleración de circulación Brewer-Dobson. Los modelos predicen que se alcancen valores superiores a los años 80.

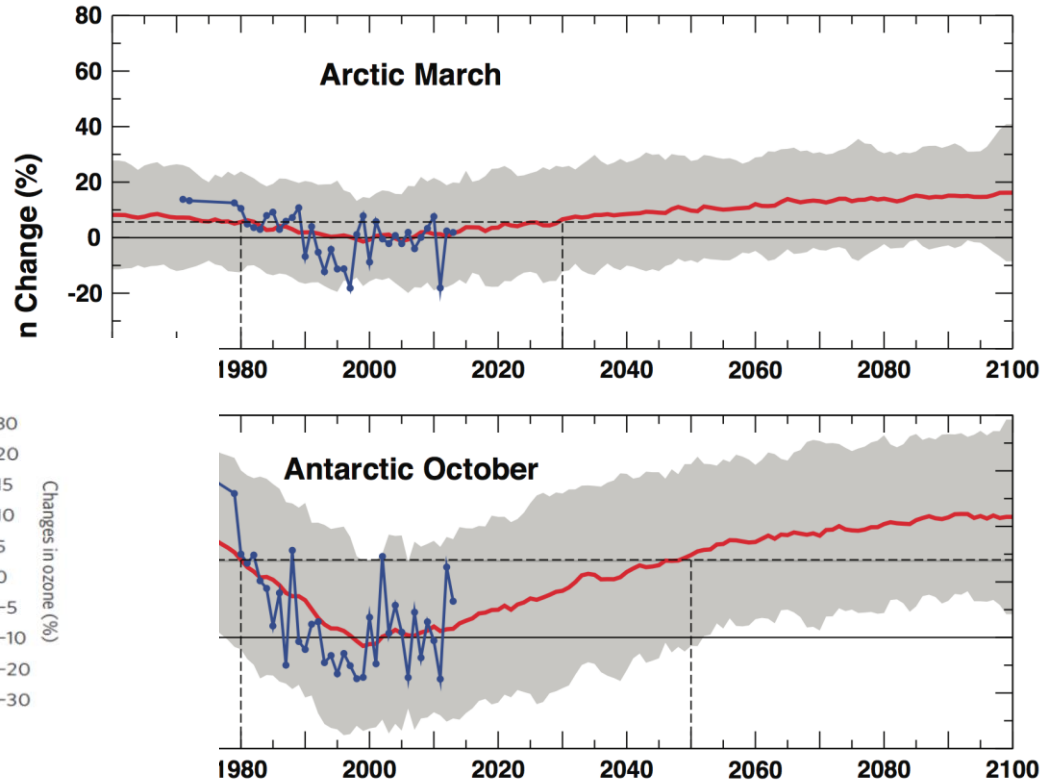
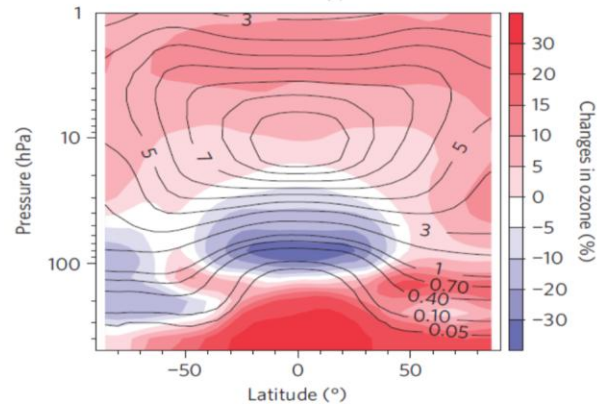


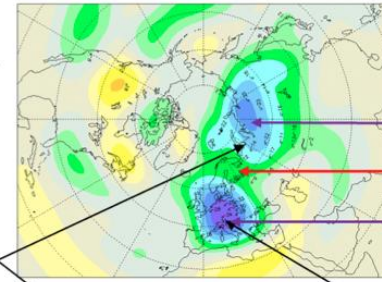
Fig.5 Vertical-latitude cross-sections of annual mean ozone during 1960–1970 (black contours) and long-term changes (differences between 1960–1970 and 2090–2100, color shading)

El Agujero en el Ártico podrá volver a repetirse

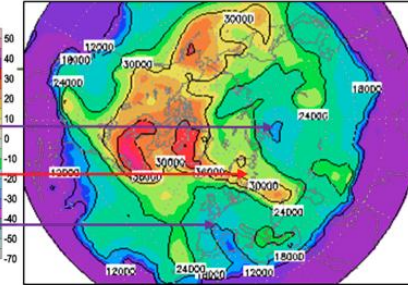
Tal y como ocurrió en la **primavera de 2011**, debido a que las circunstancias meteorológicas que lo provocaron, temperaturas extremadamente bajas en la baja estratosfera, pueden volver a repetirse y las concentraciones de SDO siguen siendo altas.

March 17, 2014

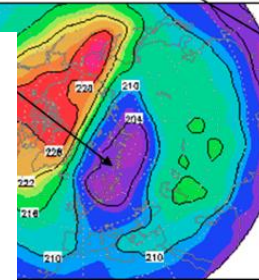
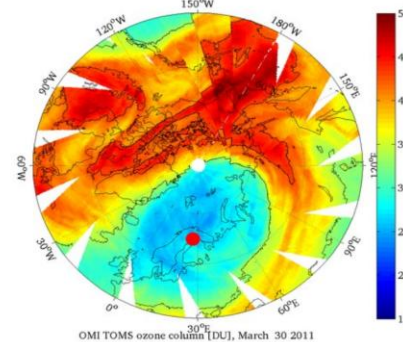
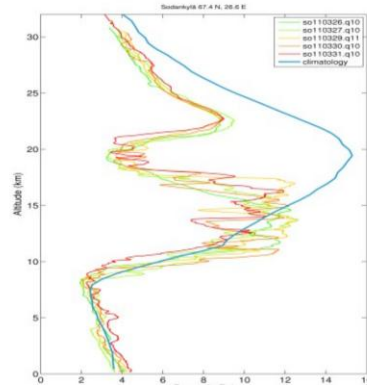
Total ozone deviations from normal in %



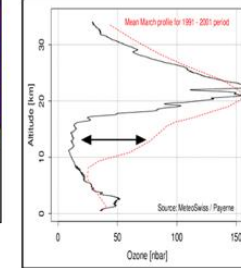
The tropopause pressure



High (low) tropopause corresponds to low (high) ozone



Temperature at 50 hPa



Ozonesonde from Payerne, Switzerland.

High tropopause causes ozone deficiency below 18 km.

Extent of polar ozone depletion and high tropopause is seen below for March 17, with Italy (30-35% below normal) centered over the most populated areas of Europe.

Environnement
Canada

Canada

El ozono en los trópicos disminuirá

Canarias se encuentra en la frontera entre los trópicos y las latitudes medias. Los modelos predicen que el ozono en los trópicos disminuirá debido a que el cambio climático provoca una aceleración de la circulación que transporta el ozono del Ecuador a los Polos.

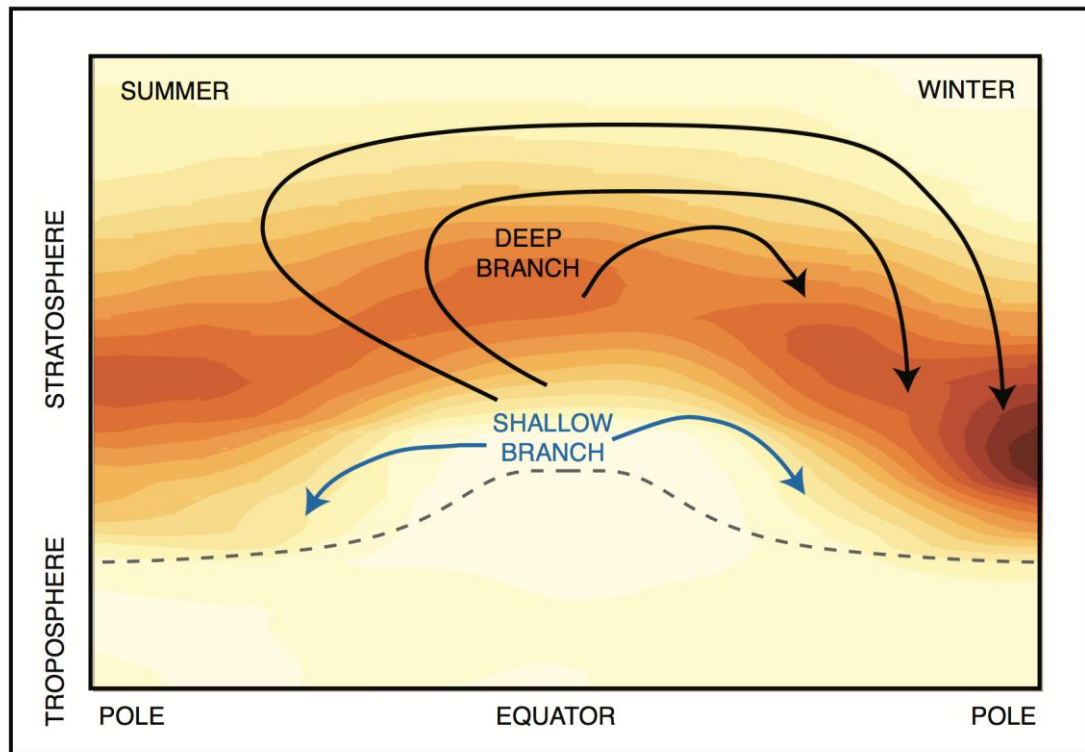
La evolución futura del ozono en los trópicos dependerá de la concentración de los gases de efecto invernadero.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

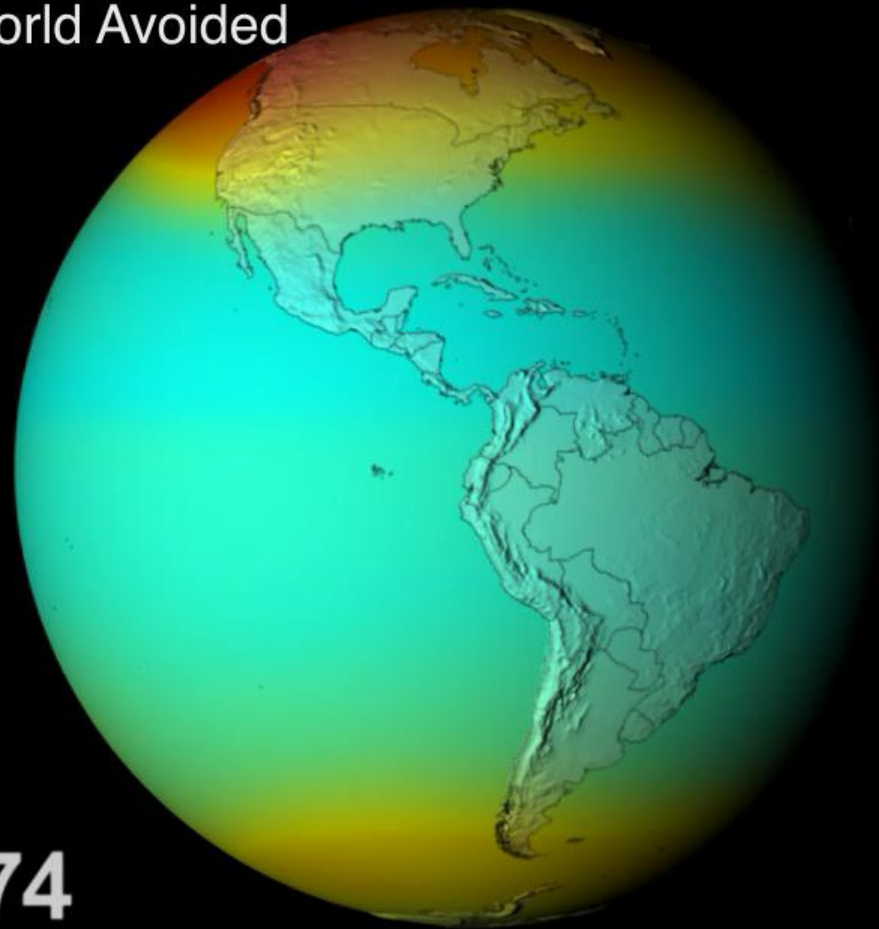
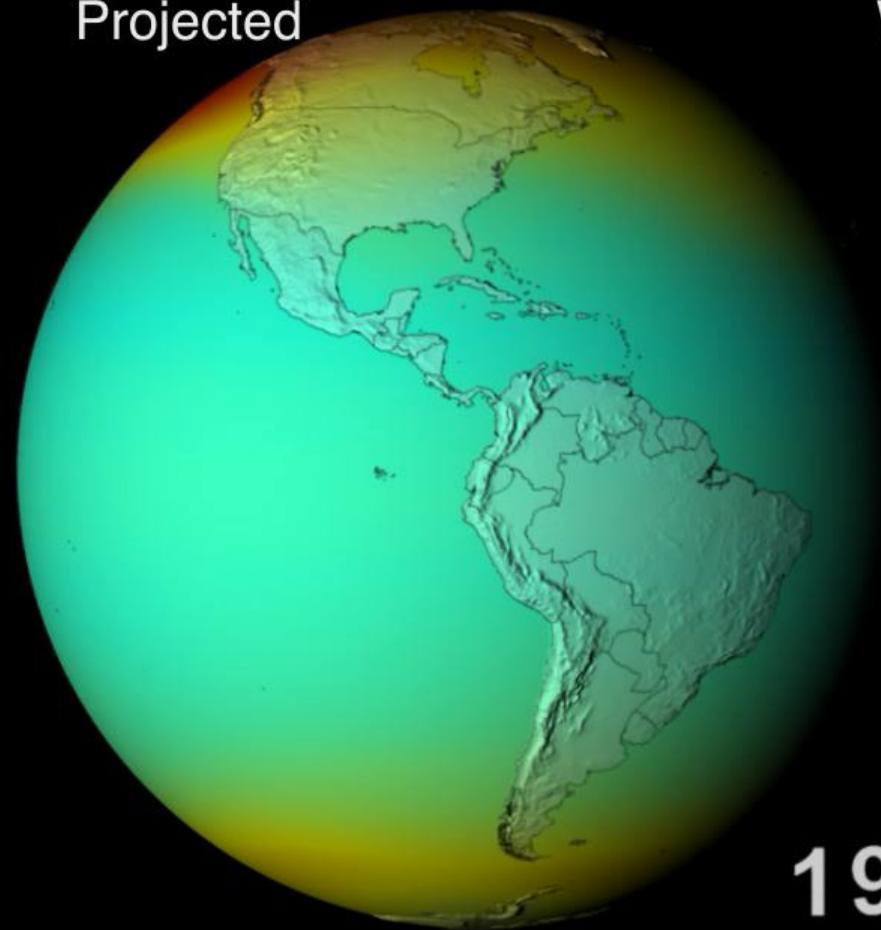
MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

Aemet
Agencia Estatal de Meteorología



Projected

World Avoided



1974

- El conocimiento de los efectos de la disminución de la capa de ozono ha aumentado mucho en estos años y el acuerdo científico es muy alto, pero la estimación de los efectos es muy complejo debido a los tres aspectos del problema:
- **Ambiental** (evolución del ozono, cambio climático)
- **Biológico**, con un gran retardo entre la exposición a la radiación UV y su efectos (décadas) y, sobre todo,
- **Comportamiento humano en nuestra exposición al sol** (vacaciones, tendencias de moda y cánones de belleza...) .

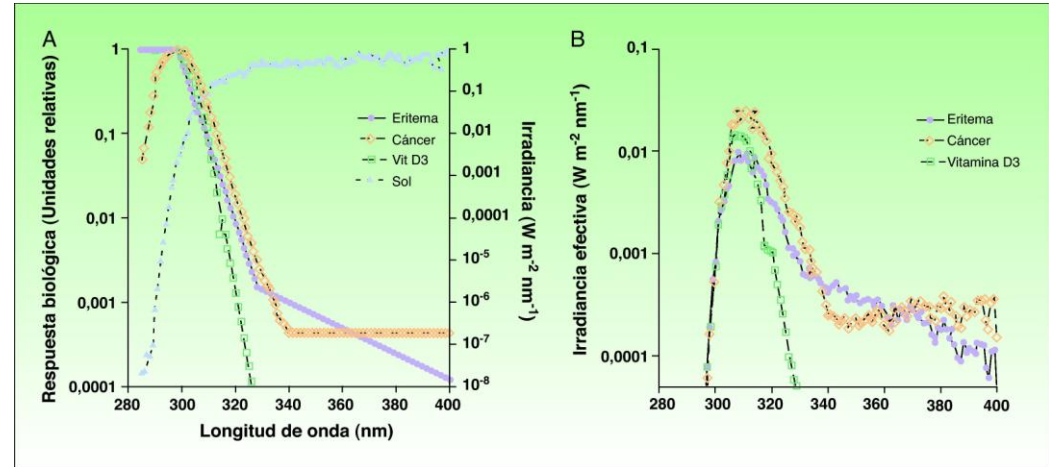


- La adopción del protocolo de Montreal ha evitado un gran colapso global de la capa de ozono a mediados de este siglo que haría que prácticamente todo el planeta registrara índices UV de valor 25, cuando hoy un índice mayor a 11 se considera extremo (los registros de UV 25 solo se observan de forma excepcional y de forma muy localizada en zonas altas de los Andes).
- Los cambios futuros de la radiación UV, fuera de las zonas polares, son debidos a cambios de la nubosidad y a los aerosoles, fundamentalmente, mientras que **el papel del ozono es secundario**. La evolución de radiación UV va a influir de forma significativa en el cambio climático, aumentando las emisiones de CO₂ de las plantas y material en descomposición, y es un factor determinante en la **calidad del aire**.

Que es el índice Ultravioleta

Un **espectro de acción** describe la efectividad relativa de la radiación UV en producir una respuesta biológica determinada en una longitud de onda concreta.

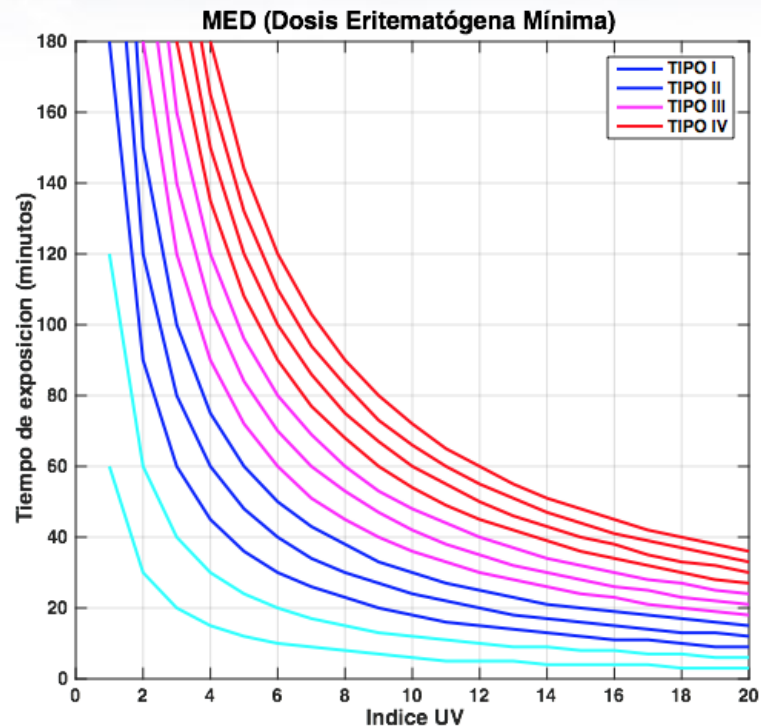
La **dosis UV efectiva** para un periodo particular de exposición se calcula sumando la irradiancia efectiva para todo el período de exposición. El espectro de acción más importante para el uso cotidiano es el eritematígeno (enrojecimiento de la piel), la absorción por parte del ADN y el cáncer de piel (no melanoma).



Dosis Eritematógena Mínima (MED)

Al constituir las quemaduras un efecto negativo frecuente en la piel humana, el espectro de acción CIE eritematígeno es el más recomendado de emplear a la hora de cuantificar el efecto dañino de la radiación UV sobre la piel.

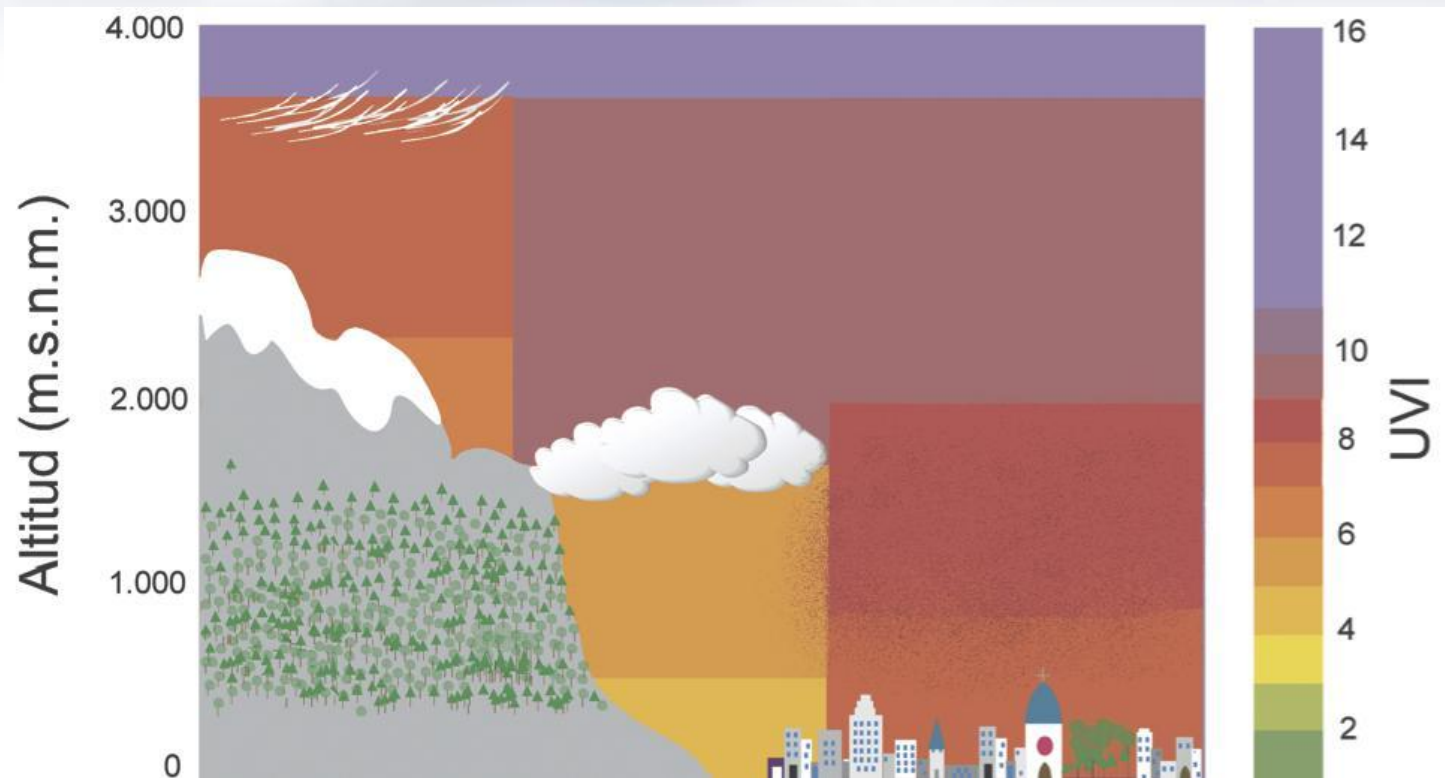
La "dosis eritematógena mínima" MED se usa para describir el potencial eritematígeno de la radiación UV, y 1 MED se define como la dosis efectiva de radiación UV que produce un enrojecimiento observable de la piel humana sin exposición previa. para la población



	I	II	III	IV
Tipos de piel				
Se broncea	Nunca	A veces	Siempre	Siempre
Se quema	Siempre	A veces	Rara vez	Nunca
Color de pelo	Pelirrojo	Rubio	Castaño	Negro
Color de ojos	Azul	Azul/Verde	Gris/Marrón	Marrón
1 MED	200 J/m ²	250 J/m ²	350 J/m ²	450 J/m ²





El índice Ultravioleta

- Se trata de una unidad de medida de los niveles de radiación UV relativos a sus efectos sobre la piel humana (UV que induce eritema).
- Se define como la irradiancia efectiva obtenida al integrar la irradiancia espectral pesada por el espectro de acción de referencia CIE (1987) hasta 400 nm. y normalizado a 1 en 297 nm.
- Expresado numéricamente, es equivalente a multiplicar la irradiancia efectiva media (W/m^2) por 40.
- Ejemplo: una irradiancia efectiva de 0.2 W/m^2 corresponde a un UVI de 8.
- Si se da o se predice un valor máximo diario, se deben usar medias de 30 minutos de la irradiancia efectiva para calcular el UVI. Si se presentan medidas directas del UVI se recomienda usar medias de 5-10 minutos.



Factor de protección Solar

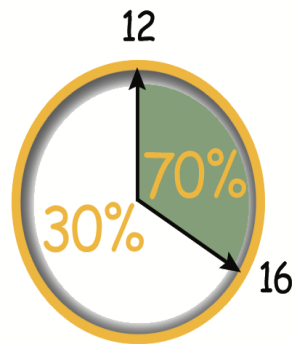
- El SPF que aparece en los protectores solares nos indica cuanto tiempo podemos estar al sol sin quemarnos en comparación con nuestro tiempo normal de exposición.
- Es decir, si normalmente podemos estar al sol 30 minutos sin quemarnos y usamos un protector solar con SPF 8, podremos estar 8 veces más al sol sin quemarnos, o sea 240 minutos (4 horas).

Tipos de piel				
	I	II	III	IV
				
UVI				
1-3	15	12	9	6
4-6	30	25	15	12
7-9	50	40	30	20
10 y más	60	50	40	30

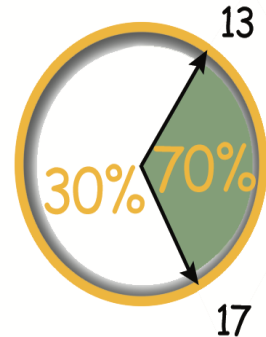
La mejor protección contra el sol es la ropa. Las ropas transparentes a la radiación UV deberían indicarlo claramente. Las partes de nuestro cuerpo que no quedan cubiertas por la ropa deberían protegerse con un protector solar que contenga filtros UV-A y UV-B. Durante las primeras exposiciones se recomienda un protector con un SPF (Factor de Protección Solar) de 15, y como mínimo de 20 para niños. Especial cuidado precisan los **bebés**. El efecto protector de las cremas solares no sólo depende de la calidad de las mismas si no de la correcta aplicación de éstas

Dosis de radiación UV

Invierno*



Verano*



* Una hora menos en Canarias

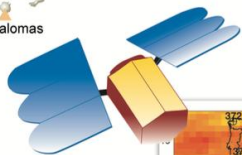


Red de Observación

Red de Medición de
Radiación UV del INM

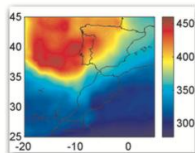
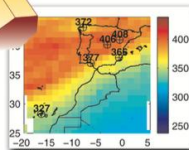
Datos de Entrada

Ozono, observaciones
de Tierra y/o satélite



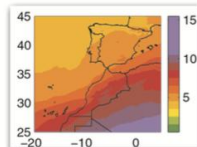
Predicción de Ozono

Modelo de Regresión



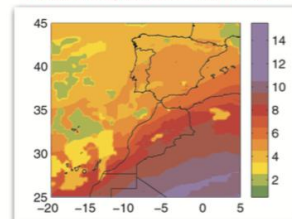
Predicción de la radiación UV
para cielo despejado

Modelo de Transferencia radiativa



Cálculo del UVI previsto

Pesado CIE, corrección de nubes...



EL MODELO DE PREDICCIÓN DEL UVI

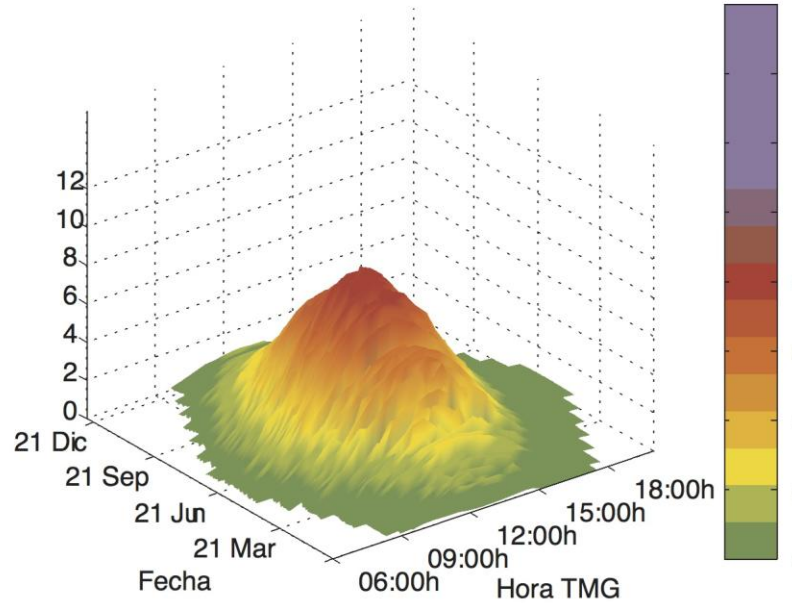
paso a paso



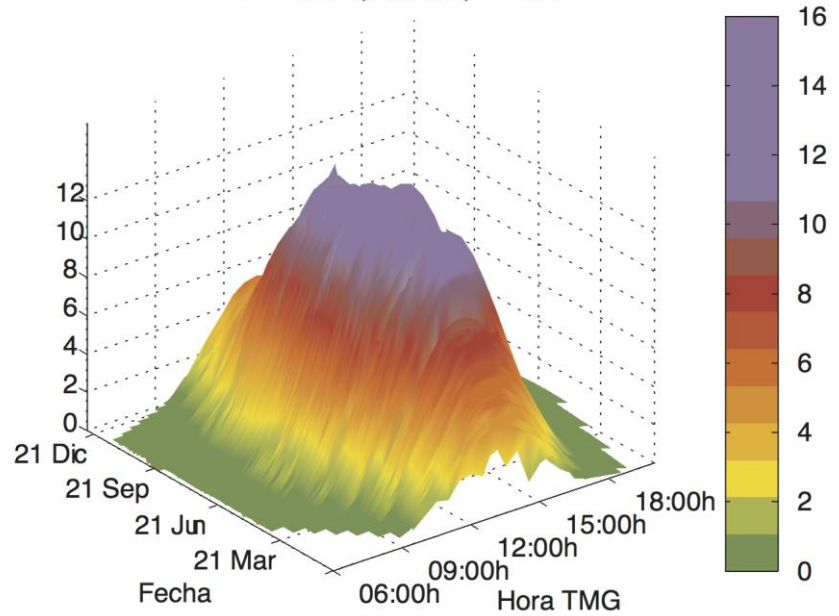
<http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/radiacionuv>



UVI A Coruña 2001



UVI Izaña(Tenerife) 2001



Índice UV en España

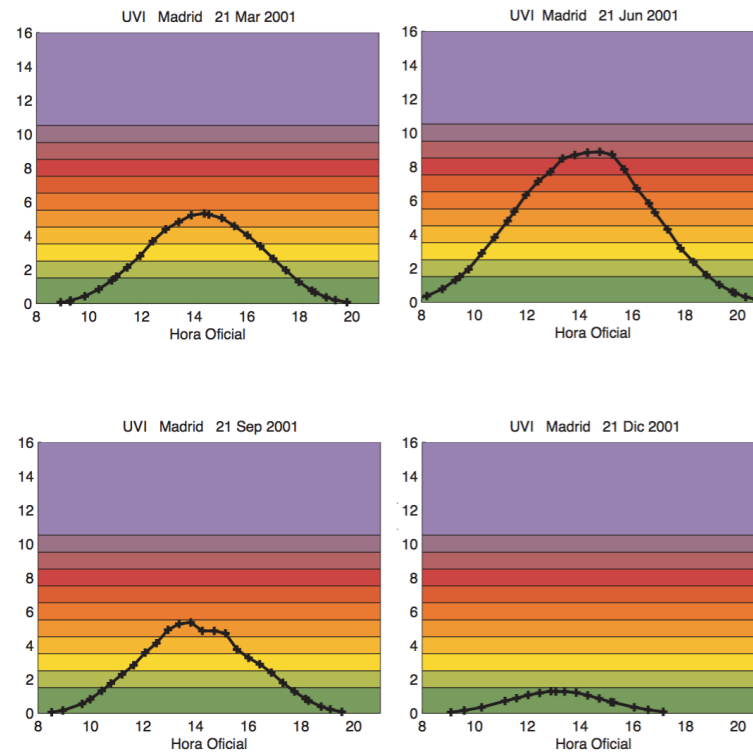
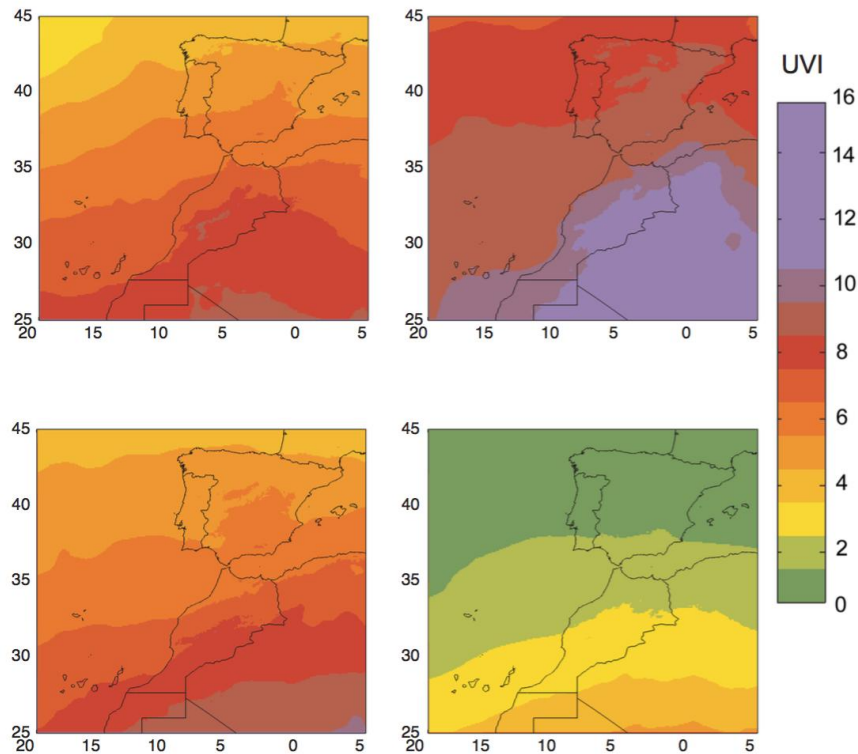


GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

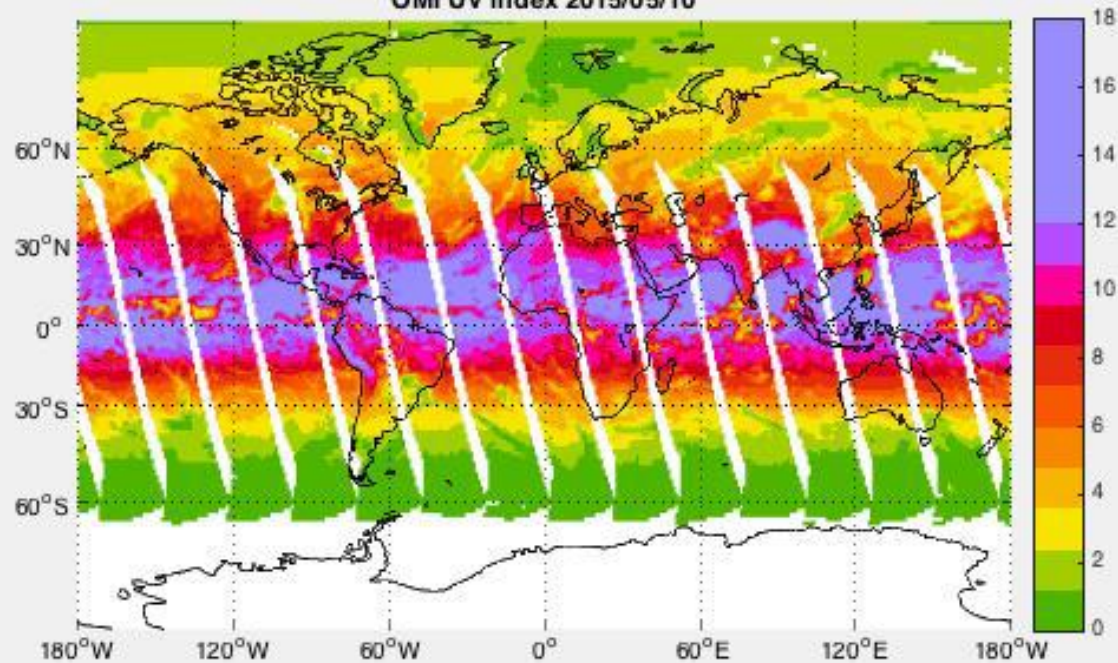
Aemet
Agencia Estatal de Meteorología

Estados



- Desde 1960 existe un aumento significativo de los cánceres de piel en todo el planeta doblándose el número de casos cada 10-20 años.
- Los cambios en el comportamiento respecto al sol, la moda de estar moreno, las vacaciones al sol, han sido más determinantes que el aumento en la radiación UV debido al deterioro de la capa de ozono.
- Sin embargo, la adopción del protocolo de Montreal ha prevenido la aparición de dos millones de nuevos casos de cáncer de piel cada año, en su estimación más conservadora. En un reciente informe la Agencia de protección del Medio Ambiente Americana (EPA) cifra en 300 millones los casos de cáncer de piel evitados desde 1980 hasta el 2100 por la adopción del Protocolo de Montreal.

OMI UV index 2015/05/10



Efectos sobre los seres vivos

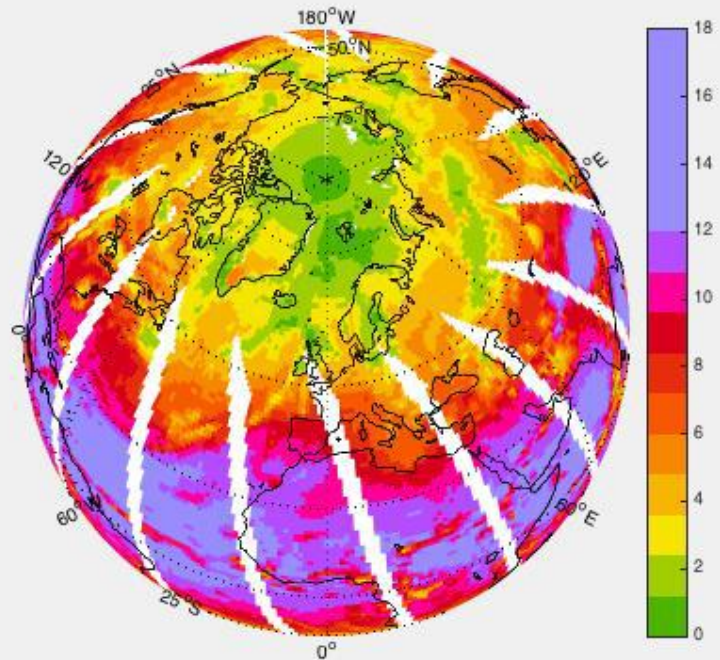
Los organismos vivos se han adaptado a determinados niveles de RUV y han desarrollado Mecanismos de Reparación del DNA

Si una célula recibe RUV

- 1- La célula muere y es remplazada
- 2- Los daños son reparables.
- 3- Los daños no son completamente reparados y la célula sobrevive, otra exposición UV o la acción de agentes externos dispara cambios en el funcionamiento de la célula y cáncer

NO todos los efectos están asociados al DNA, el envejecimiento prematura o las cataratas son debidos a cambios en las estructuras de las proteínas.

OMI UV index 2015/05/10



Vitamina D / Eritema

Riesgos de Superposición: Déficit de Vitamina D , enfermedades óseas y autoinmunes (“posible “Esclerosis Múltiple).

Riegos de Sobreexposición: Cancer de Piel (Melanoma) , Cataratas.

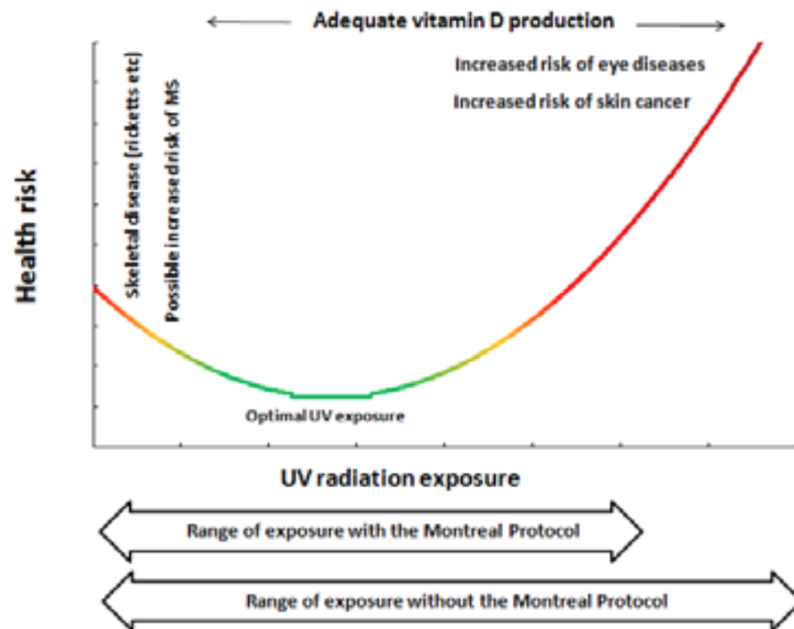


Figure 1. The “U-shaped” relationship between UV and health. With current UV exposure there are risks of under-exposure (e.g. high latitudes in winter) as well as of over-exposure (e.g. due to seeking the sun in summer, especially at low latitudes). Risks of under-exposure include increases in some bone diseases and, perhaps, in some auto-immune diseases like multiple sclerosis (MS). The large increases in UV that would result from uncontrolled ozone depletion would greatly increase the risks of excess UV exposure, including skin cancers and eye disease. These topics are covered in detail later in this booklet.

The RBCC-E Team



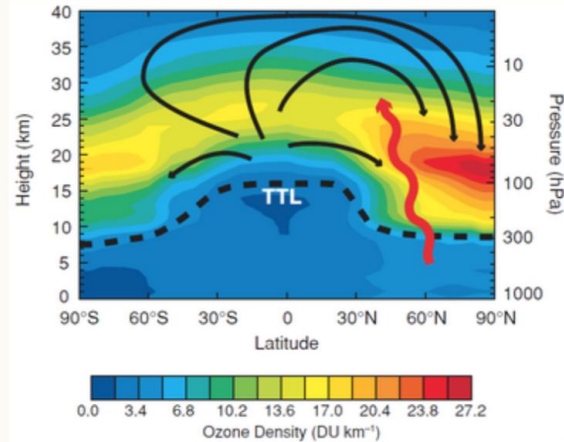
Alberto Redondas (AEMET)
Alberto Berjon (ULL, ATMOZ)
Javier López Solano (ULL, IDEAS)
Bentorey Hernandez (ULL, PANDONIA)
Virgilio Carreño (AEMET)
Manuel Rodriguez Valido (ULL)
Daniel Santana (ULL, PANDONIA)
Sergio Fabián León Luis (AEMET)

Filiación Completa

Alberto Redondas Marrero, RBCC-E site manager Izaña Atmospheric Research Centre, State Meteorological Agency of Spain.

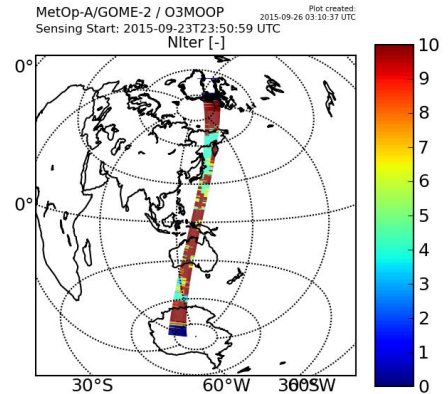
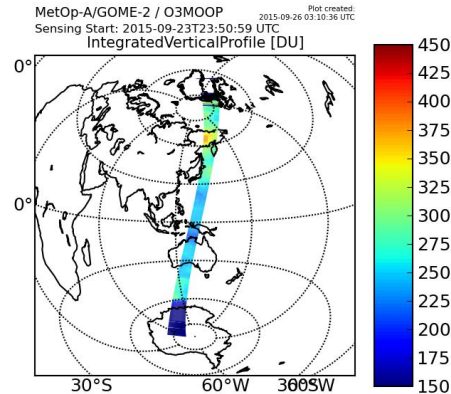
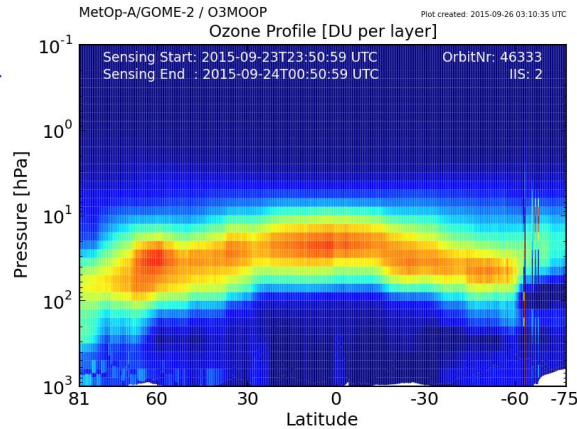
Virgilio Carreño Corbella , RBCC-E researcher, Izaña Atmospheric Research Centre, State Meteorological Agency of Spain.

Alberto Berjón Arroyo, RBCC-E researcher, University of La Laguna, Spain.



Left: Gordon M. B. Dobson.
Right: Ozone cross section from satellite data that clearly shows the pile-up of ozone in the high-latitude lower stratosphere due to the Brewer-Dobson circulation (from IPCC/TEAP special report, 2005).

KNMI
O3MSAF
EUMETSAT





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

Aemet
Agencia Estatal de Meteorología